

立ち上がり訓練機のための姿勢の可視化

知能機械力学研究室 小林 晋作

1. 背景と目的

近年の著しい高齢化により、加齢や病気が原因で歩行機能に障害をもつ人々が増えると予測される。この問題を解決するためには、歩行のリハビリテーション（以下リハビリ）をすることが必要不可欠となる。寝たきりになってしまった患者の場合、まず立ち上がりのリハビリを行う必要がある。立ち上がるためには、足関節、膝関節、股関節の力が必要であるが、その中でも膝関節にかかる負荷がもっとも厳しく、膝関節の能力が低下していることが原因で立ち上がりが困難になる場合が多い。また、立ち上がる時の姿勢によって各関節にかかる負担は大きく変化するが、高齢者は転倒をおそれ前傾を避けることが多いが前傾しなれば、さらに膝への負担が大きくなる。したがって、できるだけ膝に負担がかからない姿勢を学習しつつ、筋力の強化を図る訓練機が有効であると考えられる。

そこで本研究では、その準備として、訓練機によって立ち上がりを行う時、パソコン上に患者自身が現在の姿勢状態を確認できるシステムの構築を行う。その際、各関節角度及び、関節モーメントの推定についても検討する。

2. 実験装置及び方法と理論式

立ち上がり訓練機で起立時の姿勢を把握するのに、従来から広く用いられている3次元動作解析装置は、高価な設備で据え置き型であるので、訓練機とあわせて使用するのは困難である。本研究では、加速度計を利用した角度センサを用いて、3次元動作解析と同等の出力が得られることを考える。また、その結果と床反力計を用いて、下肢の関節モーメントをリアルタイムで推定することを考える。

3次元動作解析の結果と加速度から求めた姿勢は等価なので、ここでは

- (1)従来の4台のカメラを用いた3次元動作解析と床反力計を用いて、実験時の各関節モーメントを得る方法を検討する。
 - (2)加速度計を用いて姿勢を推定するプログラムを作成し、(1)と同様の方法を適用する。
- この2段階で検討する。

2.1 関節モーメントの推定実験

人体のつま先部、足首部、膝部、腰部、肩部にそれぞれ5つのマーカーを装着（図1）し、その軌跡を計測する。今回は高さ430mmの椅子に腰掛けた状態から、立ち上がる動作の計測を行い、その時の足首関節、膝関節、股関節の角度、各部位の長さを計測する。その結果および鉛直床反力の大きさと重心位置を用いて各関節モーメントを算出する（図2）。その算出式は、M1, M2, M3をそれぞれ足首、膝、股関節モーメントとすれば以下ようになる。今回は膝関節モーメントに着目し、主にM2の式を用いる。

$$M1 = Fx_1 - \frac{43}{100} L_1 m_1 g \quad (1)$$

$$M2 = F \{ L_2 \cos(\theta_1) - x_1 \} - \frac{43}{100} L_2 m_2 g \cos(\theta_1) \quad (2)$$

$$M3 = F \{ L_3 \cos(\theta_2) - L_2 \cos(\theta_1) + x_1 \} - \frac{43}{100} L_3 m_3 g \cos(\theta_2) \quad (3)$$



図1 マーカー装着位置

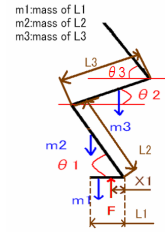


図2 パラメータ

2.2 姿勢の計測実験

足首部、膝部、腰部に加速度計を用いた角度センサを装着し、センサから得られた角度と体の各部の長さ（リンクの長さ）から2次元的な姿勢を計算する。

3. 実験結果および考察

実験(1)については、被験者は20代男性の健常者で、立ち上がる際に勢いはつけないで実験を行った。

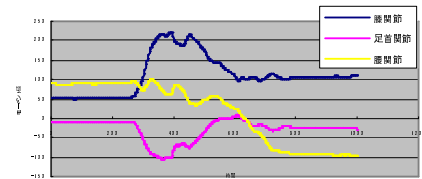


図3 膝関節直角の場合の各関節モーメント

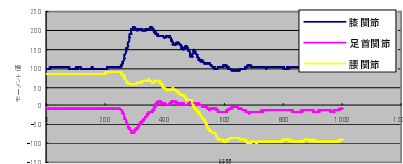


図4 足を引いた場合の各関節モーメント

上記の結果より、立ち上がり時の各関節モーメントは、立ち上がる時の姿勢状態に大きく関わっていることが分かる。よって、立ち上がり時の初期角度、各関節の角度変化、各関節モーメントの変化を見ながら訓練を行うことが、非常に有効になる。そこで姿勢状態を可視化するソフトの構築を行った。

今回作成した、シミュレーションプログラムの表示結果を下記に示す。

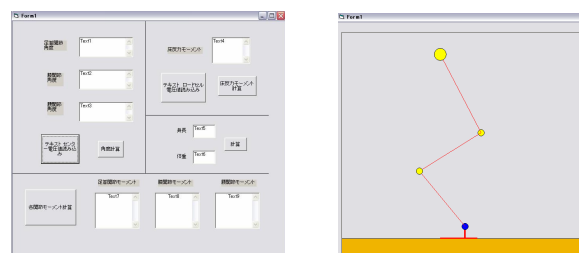


図5 シミュレーション表示